CARLOS W. THOMASSET
ASESOR TÉCNICO INDUSTRIAL
Montevideo-URUGUAY

FALLAS POR NIVEL AGUA EN GENERADORES DE VAPOR

La pérdida del nivel de agua en una caldera es una de las fallas más peligrosas, tanto que si en nivel se pierde por "arriba" (inundación) por "abajo" (falta de agua).

En el caso que el nivel se pierda por "arriba" o sea que la caldera se inunde, se producen las condiciones para provocar "un golpe de ariete" de consecuencias imprevisibles (el agua entra en la tubería de vapor y toma la velocidad del mismo, pero como su masa o peso es muy importante, al tomar velocidad adquiere una energía que se descarga al ser "frenada de golpe" contra el equipo que utiliza el vapor o aún antes en algún codo, filtro u válvula de comando que lo frene). "El golpe de ariete" es de tal valor que en muchos de los casos provoca la rotura ("voladura") mecánica de la pieza donde descarga dicha energía - como un verdadero "mazazo"-así por ejemplo: un cilindro secador (industria papelera, textil, etc.) puede llegar a "volar", ya que la propia presión de vapor interior lo somete a un esfuerzo de expansión que al producirse la rotura del mismo por el "golpe de ariete" queda liberado a dicho esfuerzo a una expansión libre.

Generalmente las calderas no tienen protección o alarma por alto nivel, sí lo tienen las calderas de cierta importancia. **Por lo que se hace necesario estar atento al nivel visual o a cualquier síntoma que haga sospechar que el nivel está alto** (vapor húmedo, golpes de líneas de vapor, pérdidas de agua en vástagos de válvulas de vapor, en vapor sobrecalentado la pérdida de temperatura, etc.).

Pero no solamente se produce el alto nivel o arrastre violento del agua por alto exceso de alimentación del agua, sino también por las condiciones químicas del agua y de la operación de la planta.

CARLOS W. THOMASSET
ASESOR TÉCNICO INDUSTRIAL

Montevideo-URUGUAY

La apertura rápida de una válvula de vapor de dimensiones importantes, puede provocar un consumo de vapor espontaneo que hace subir el nivel artificialmente al "descomprimir" la caldera, provocando una ebullición rápida (formación de vapor en seno del agua en contacto con las superficies de transferencias, que ocupando mucho más volumen que el agua que la forma- por ejemplo a 10 Kg/cm2 de presión aumenta 180 veces su volumen, es decir que por cada 1 Kgr. de agua que se vaporice espontáneamente en el seno de agua su volumen es como si aumentara 180 Litros.). Como la cámara de vapor es muy pequeña en general respecto al volumen de agua en el interior de la caldera, bastará que se vaporicen unos pocos litros de agua en el seno del agua para que el nivel suba peligrosamente. **Esta vaporización espontanea en el seno del agua también depende de las condiciones químicas del agua** (aumenta con el PH, la alcalinidad, los cloruros, el T.S.D. , sólidos en suspensión (y barros) sustancias tensoactivas, generalmente orgánicas, propias del agua de alimentación o contaminaciones o del propio tratamiento) **y del tipo de caldera y combustible** (aún del tipo de quemador).

En algunos tipos de caldera, hasta puede llegar a provocar el recalentamiento de alguna superficie de gran transferencia térmica, es decir, que a pesar que hay un aparente nivel alto del agua en el interior de la caldera, la misma se quema o deforma como si hubiera un bajo nivel de agua, debido a que las superficies de altísimas transferencia han sido aisladas por la generación espontanea de vapor en el seno del agua, alejándose la misma y quedando un "colchón" de vapor que es aislante y no enfría la superficie sometida a un gran calor del lado del "fuego". Generalmente esto ocurre en algunos tipos de calderas rápidas, con fuego concentrado muy intenso en el hogar, cuyos límites químicos se han rebasado y que además se a provocado un consumo excesivo de vapor en forma espontanea (como ser la apertura de una válvula esférica en una inyección directa de vapor para calefacción de un recipiente con agua o solución similar).

Vista desde la
capilla trasera

Hogar colapsado, notar que hay penetración lateral

Las calderas que la ha ocurrido el caso anterior , el hogar está aplastado por la presión de la caldera (humo-tubulares) o tubos con deformaciones (tipo balón) al llegar a la temperatura que el material del mismo no soporta la presión del vapor, el aspecto interior de la caldera no es el de una caldera que se ha quedado sin agua, los controles de nivel funcionan correctamente (no cortaron la combustión porque en realidad la caldera no se quedó sin nivel de agua, solamente se aisló la superficie de mayor transferencia térmica que es el hogar), tal es así que los tubos y las placas pueden llegar a no ser alterados es su estructura. Es evidente que para evitar este fenómeno se debe mantener los límites químicos del agua y controlar las contaminaciones, no instalar válvulas rápidas (esféricas son las más peligrosas) en los consumos grandes de vapor, mantener el régimen de purga adecuado, etc.

EL bajo nivel de agua se evita a toda costa, ya que el mismo es perjudicial, dependiendo su magnitud será el problema que provoque, desde un simple bajo nivel que hace "cortar al quemador por bajo nivel, sonando la alarma del mismo " o de un bajo nivel que por distintas razones **no se llegue a cortar la combustión y se provoque la "quema de la caldera".**

Cuando se provoca el bajo nivel, suponiendo que la caldera no tenga una protección por bajo nivel que apague el quemador, se podrá ver que generalmente la presión de la caldera disminuye al disminuir la superficie de transferencia de calor al agua, ya que la misma baja y es sustituida por vapor de agua que tiene una más baja transferencia de calor. Normalmente el quemador es automático, al bajar la presión aumentará el régimen de fuego, agravando la situación, y si es manual , el operador si no observa el nivel visual también agravará la situación al dar más combustión para mantener la presión.

En este caso la mejor protección es tener un control de nivel automático (más un segundo de respaldo) que sea capaz de cortar la combustión y hacer sonar una alarma indicadora de la condición.

El tapón fusible es un elemento reglamentario para protección de bajo nivel de agua, pero en la mayoría de las calderas es totalmente ineficaz para apagar los fuegos, pero sí es muy interesante tenerlo como avisador de la condición y como testigo de la misma, ya que al fundirse estará indicando que hay (o hubo) un bajo nivel de agua. **No siempre esto es así:** ya que puede ser que el tapón fusible (estaño puro generalmente) pueda estar mal confeccionado y fundir por otras razones (no ser el tapón de estaño lo suficientemente cónico, las impurezas del estaño, la mala condición al fundirlo, el ataque químico, etc.).

Tapón fusible cilíndrico,
el estaño se "disuelve".

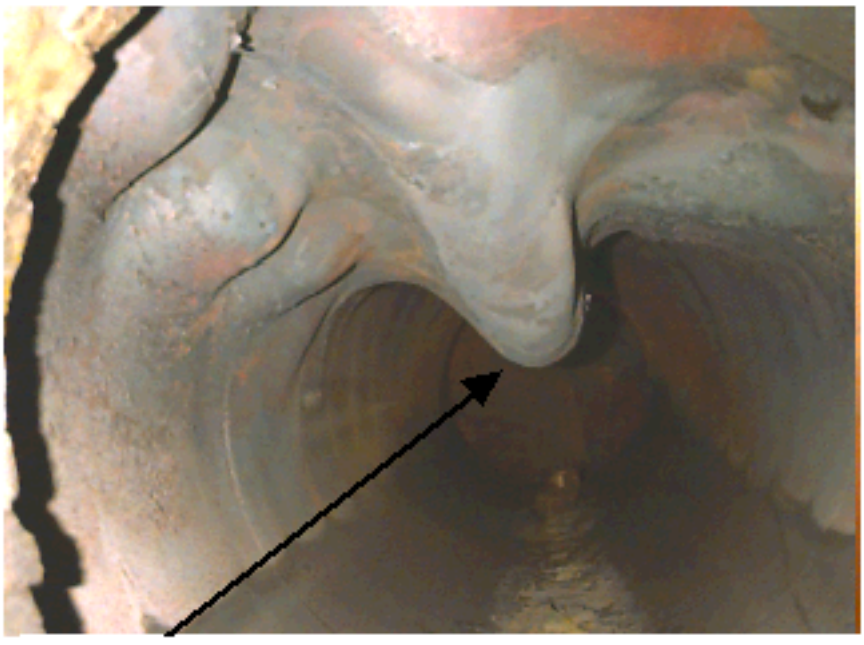
CARLOS W. THOMASSET
ASESOR TÉCNICO INDUSTRIAL
Montevideo-URUGUAY

FALLAS DE NIVEL DE AGUA EN CALDERAS

Muchas veces las calderas de leñas que son dejadas en estado de "apagadas" durante la noche o fines de semana, sin suficiente nivel de agua o con las bombas de alimentación apagadas o con los controles de nivel lentos- como agarrotados- en esas condiciones puedan hacer pequeñas bajadas de nivel a bajas temperaturas del fuego residual del hogar a leña que van debilitando al estaño sobre su adherencia a la base y que luego de un período el tapón termine de "saltar" cuando hay presión. Frente a esta situación es evidente que hay que vigilar la falta de nivel, ya que es malo que los tubos superiores queden expuestos a la cámara de vapor cuando pasan todavía algo de gases calientes, pero **más grave es que si hay síntomas de "agarrotamiento" en los controles de nivel que prenden la bomba de alimentación cuando la misma tiene poco movimiento** (caldera apagada) **es probable que dicho control de nivel está por fallar totalmente en marcha, provocando en ese caso un serio inconveniente : un bajo nivel sin corte de combustión y que si no hay un segundo control de nivel de respaldo puede llegar a provocar un accidente.**

Cuando se produce un bajo nivel importante, si quedan superficies de transferencias descubiertas y las mismas se han recalentado, la alimentación de agua puede llegar a provocar una violenta expansión con rotura de parte mecánica de la caldera, llegando en algunos casos a una "explosión" de la caldera. Este caso se agudiza al ser el agua de alimentación fría, ya que el choque térmico es aún mayor. Esta situación puede ser provocada por error del operador o porque el control de nivel "agarrotado" o "asentado" sobre los barros se mueve y vuelve alimentar la caldera (luego que esta ya había perdido el nivel).

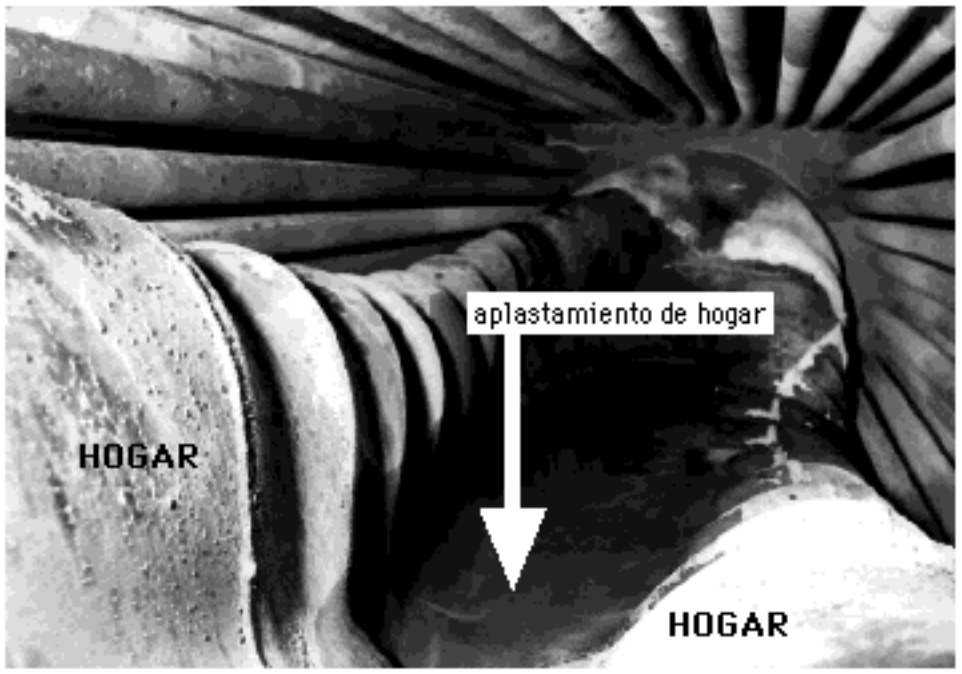
Por lo que una caldera que ha perdido su nivel de agua por abajo no debe ser alimentada con agua sin valorar su condición, lo primero será apagar la combustión, cerrar el vapor para que el nivel no siga bajando, controlar que la alimentación de agua no se restablezca por si sola tratando de establecer si todavía el nivel está sobre las superficies de transferencia (en esta caso se podrá ir alimentando suavemente) **o si está por debajo de las superficies de transferencia** (primera hilera de tubos en las humo-tubulares) **será necesario enfriar la caldera, establecer si no hay daños, y si es así recién volver a nivel calentando la caldera en forma suave para restablecer la presión.**



Una vez producido el accidente de una caldera o falla (hogar aplastado, tubos perdiendo en sus mandrilados y soldaduras, placas rajadas, etc) **que se sospeche que sea por bajo nivel o falta total de de agua, se debe investigar a fondo:**

a-Si la caldera se quedó totalmente sin agua, se deberá notar que el tapón fusible está fundido (si tiene y no perdió, puede estar tapado de incrustaciones, etc.), la presión tiende a bajar, **hay un sobrecalentemiento en el vapor que se nota hasta en la fábrica, el vapor aumenta su temperatura al sobrecalentarse que los operadores de las máquinas sienten un olor a recalentamiento de los materiales, aislaciones, en los procesos, etc.** (hasta humo se puede llegar a ver).

El material tiene aspecto de recalentado (manchas de color azulado, rojizo, etc.) Este caso se puede provocar solamente si no hay controles de bajo nivel que corten la combustión o si los hay, los mismos han fallado. **Es importante que la caldera disponga de controles de bajo nivel (2) cualquiera sea su capacidad y presión, ya que el accidente no es proporcional a la presión** (una caldera de baja presión puede ser tan o más peligrosa que una de alta presión , una caldera humo-tubular generalmente será más peligrosa que una de acuo-tubular).



Si el hogar cilindrico se ha aplastado, generalmente el aplastamiento ocurre de la parte superior o cielo del hogar, que se desplaza hacia la zona de combustión como un "buche", pero si el hogar se aplasta primero lateralmente y luego en la parte superior (y los tubos superiores no presentan recalentamiento), puede ser que la caldera no se quedó sin agua, sino que hizo espuma que aisló el hogar y este colapso (los controles de nivel se encontrarán en buenas condiciones de funcionamiento).

La caldera generalmente queda fuera de servicio y las reparaciones son de gran importancia. Hay un gran riesgo de vida.

b-Si caldera quedó sin agua después de la falla debemos sospechar varias situaciones posibles:

1-Bajo nivel con recalentamiento local de la zona donde se produce la falla. El tapón fusible debería fundir, si hay control de nivel automático deberá tener una falla que no permitió cortar la combustión. **Revisar a fondo los controles de nivel.**

2-Nivel normal pero con condicionantes que dejaron la zona más comprometida sin enfriamiento. Este caso puede corresponder a una apertura rápida de un consumo importante de vapor con una ebullición espontanea en el seno del agua sobre la zona de mayor transferencia de calor, esto puede estar ligado a las condiciones fisicoquímicas del agua. (alto PH, alta alcalidanidad, alto T.S.D., alto sólidos suspensión, contaminaciones, etc.). **El tapón fusible si lo tuviera no necesariamente estaría fundido. Los controles de nivel no cortan, ya que no hay falta de nivel de agua.** Se debe de investigar la razón para evitar su repetición, ya que la causa puede ser ajena al área de la caldera (un equipo de de fábrica, contaminación de la materia procesada, etc.).

3-Falla de la contención de la presión por recalentamiento local por falta da buena circulación del agua o por superficies de transferencias incrustadas. En esta caso puede que el tapón fusible no llegue a fundir (por no haber combustión cuando el nivel llegó al tapón al vaciarse la caldera por la zona de falla), los controles de nivel actuaron correctamente, se corta la combustión por bajo nivel, la bomba de alimentación sigue alimentando (correcto). Generalmente la incrustación o barros pueden no ser claramente notadas, ya que al producirse la falla las mismas son "voladas" (la fuerza de la pérdida la saca). Es caso puede ocurrir en calderas incrustadas, en calderas que se comenzó un tratamiento químico nuevo y se desprendieron las incrustaciones anteriores cortando la circulación el agua sobre la zona comprometida, una caldera mucho tiempo parada y al ponerla nuevamente en funcionamiento y se desprenden la incrustaciones cortando la circulación de agua, en calderas que se efectuaron limpiezas químicas y las misma no fue suficiente para disolver todas las incrustaciones, que se aflojaron luego con la marcha obstruyendo la circulación.

4-Recalentamiento local por problemas en combustión. En este caso podemos decir que si el quemador por fallas de distinto tipo concentra su combustión en zonas ya normalmente comprometidas por la transferencia, puede llegar a tener una vaporización específica tan elevada que el material se aisla por el vapor, aumentando su temperatura hasta producir la falla del material.

5-Recalentamiento local por límites mal establecidos en el tratamiento químico. Cuando analizamos el agua de caldera, tomamos la muestra del grifo de muestra, esta agua es una muestra promedio del agua de caldera, pero **en aquellas zonas de vaporización específica muy elevada** (hogares, tubos pantallas, etc.) **los valores de los límites químicos locales son mucho más elevados,** de allí la importancia de fijar límites promedios teniendo en cuenta estos valores locales, **que al cambiar la característica fisicoquímica del agua en zonas comprometidas de alta transferencia térmica, pueden formar un "colchón" de vapor aislante que no permitan la refrigeración de dichas zonas, permitiendo su recalentamiento local, con la consiguiente falla del material. Este caso el hogar puede colapsar o "abollarse" localmente, sin necesariamente existir un bajo nivel.** Esta falla esta asociada al al disipación máxima por m3. de hogar de combustión o a la disipación máxima por m2. de hogar (en un hogar cilindrico esto está afectado por el diámetro del hogar y por el largo).

A estas dos condiciones se suman, las condiciones operativas, es decir, variación del consumo de vapor en el tiempo (aperturas de válvulas grandes) **y a la potencia o capacidad de combustión en el momento de la falla** (a mayor fuego, mayor riesgo).

6-Falla por defectos de la caldera. En este caso el defecto puede ser en el material, en el diseño o en la construcción, en la reparación. Al ocurrir la falla la caldera se quedará sin agua o parcialmente sin ella, los elementos de seguridad podrán actuar o no. De hecho la investigación de la falla debe de buscar la causa, analizando los puntos anteriores (agua, operativos, etc), que una vez descartados debe continuarse buscando los nombrados en este ítem. La vida de una caldera depende de las normas constructivas (disipación máxima del hogar por m3), pero aún más de las operativas (régimen de combustión), siendo la parte de agua la más problemática y variable (calidad del agua de reposición, límites fisico-químicos fijados y procedimientos y productos químicos utilizados). Una caldera limpia y con buena circulación interior, difícilmente sufra una falla, pero no se deben descartar las fallas de este tipo, ya que a veces hay que esperar a que se produzcan fatiga en el material y eso lleva tiempo.

Carlos W. Thomasset